JEAN-CHRISTOPHE DENIS

ENTRE SCIENCES ET FICTIONS

De la science-fiction aux connaissances scientifiques actuelles

ellipses

ENTRE SCIENCES ET FICTIONS

De la science-fiction aux connaissances scientifiques actuelles

Jean-Christophe Denis

ellipses

Conception graphique couverture : Éric VIGIER
Conception graphique intérieur et mise en pages : Charline PINTO

ISBN 9782340-102637
Dépôt légal : avril 2025
©Ellipses Édition Marketing S.A.
8/10 rue la Quintinie 75015 Paris



Le Code de la propriété intellectuelle et artistique n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article L. 122-5, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1er de l'article L. 122-4).
Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

www.editions-ellipses.fr

AVANT-PROPOS

Avant de commencer cet ouvrage, il faut, comme pour un plan, en dessiner les principaux contours. Définir le principe, établir les hypothèses et fixer l'objectif. Une méthode scientifique, ni plus ni moins.

La principale idée est d'aider celles et ceux qui s'intéressent aux sciences, ou non, et qui ont des interrogations à la suite d'une lecture, d'un jeu, d'un film ou d'une série, à assouvir leur soif de savoir. Ma propre expérience de scientifique s'est construite suite à de nombreux questionnements, espoirs ou désirs de pouvoirs extraordinaires.

Le principe de chaque chapitre est de répondre à une grande question, ayant pu émerger à la suite d'une lecture ou du visionnage d'une œuvre culturelle. Pour cela, j'y exposerai d'abord un état de l'art en la matière, c'est-à-dire la présence du pouvoir supranaturel dans l'imaginaire et sa justification dans les œuvres. Puis je développerai, autour d'un axe lié à la physique chimie, la faisabilité de cette activité dans le monde réel.

Les hypothèses seront spécifiques à chacun des thèmes abordés. Se placer dans un cadre d'étude et en concevoir les limites est toujours la première étape de la modélisation scientifique. Prenons un exemple, il est souvent admis dans les problèmes de mécanique, mais pas toujours, que le cadre de l'étude, pour la trajectoire d'une balle ou l'énergie d'un véhicule, est supposé galiléen. On admet alors que pour étudier ce mouvement, la pièce est fixe dans tout l'univers. Cette hypothèse est fausse bien sûr. La Terre tournant autour d'elle-même et autour du Soleil, Soleil tournant autour du centre de la galaxie, Galaxie se déplaçant et se dispersant en même temps, notre pièce ne pourrait être fixe dans cet univers. Pourtant, l'hypothèse s'explique par la simplification qu'elle apporte aux calculs sans dénaturer la réalité du mouvement. En effet, si le mouvement ne dure que quelques minutes, est-ce que la rotation de la Galaxie sur elle-même a un impact significatif ? Bien sûr que non. Pour autant, il est important de comprendre ses limites pour savoir à quel moment on va les dépasser et donc reprendre notre raisonnement avec d'autres hypothèses.

L'objectif premier de ce livre est évidemment la mise à disposition au plus grand nombre, d'un socle de culture scientifique avec des thèmes plus ludiques que la façon dont ils sont abordés de manière « classique ». Je pense qu'il est plus abordable d'évoquer l'électromagnétisme avec l'objectif de la lévitation avec un hoverboard plutôt que de l'introduire avec « la propagation d'ondes électromagnétiques dans un plasma, dispersion et réflexion »[1]. Evidemment ce socle s'accompagne de restriction du champ d'études, le présent ouvrage ne saurait être une encyclopédie de tous les concepts évoqués. Il faut le voir comme une introduction poussée d'un thème avec une application de pop culture. Aussi j'introduirai quelques œuvres culturelles, romans ou jeux vidéo, qui m'ont permis d'aborder ces thèmes personnellement. Pour autant, cet ouvrage a pour vocation de permettre la maitrise des connaissances développées, et cette maitrise ne passe que par l'application concrète des théories énoncées.

Aussi, à chaque fin de chapitre, vous trouverez des petits exercices de difficulté croissante. Cette difficulté, symbolisée par le nombre de ♦, correspond à des niveaux de maitrise liés à des cycles scolaires. Il est raisonnable de dire que les exercices marqués ♦ soient réalisables par tous, puisqu'ils reposent sur les explications directes du chapitre. Les exercices avec ♦♦ ont, quant à eux, un objectif plus ambitieux et sont basés sur ce que l'on est en mesure d'attendre d'un élève de lycée, ou de quelqu'un ayant fait un bac scientifique. Ils sont, pour tous ceux qui ont un intérêt en science, un excellent moyen de valider les connaissances acquises lors de la lecture de cet ouvrage. Enfin, les exercices avec ♦♦♦ sont destinés aux personnes issues d'un cursus universitaire scientifique, avec un bagage mathématique conséquent. Les derniers exercices ont pour but le perfectionnement des concepts étudiés.

Mes propres études de science ont été animées par l'envie de répondre aux questions soulevées par la science-fiction. C'est pourquoi je suis particulièrement attaché aux explications que proposent les auteurs de fiction. Elles permettent aux scientifiques de se voir un peu bousculés dans leurs habitudes et leurs questionnements abstraits. Elles nécessitent par conséquent de répondre à des questions plus directes, et qui font rêver pour le plus grand nombre.

1. Titre réel d'un chapitre de physique en classe préparatoire au grandes écoles.

TABLE DES MATIÈRES

1. Maitrise du temps 7
   Culture et pop-culture 11
   S'entrainer 13

2. Boule de feu 15
   Culture et pop-culture 20
   S'entrainer 22

3. Contrôle de l'électricité 27
   Culture et pop-culture 32
   S'entrainer 34

4. Marcher sur l'eau 37
   Culture et pop-culture 40
   S'entrainer 42

5. Maitrise du froid 45
   Culture et pop-culture 50
   S'entrainer 51

6. Lévitation magnétique & Supraconductivité 55
   Culture et pop-culture 62
   S'entrainer 64

7. Vision infinie 67
   Culture et pop-culture 72
   S'entrainer 73

8. Télékinésie 75
   Culture et pop-culture 86
   S'entrainer 87

9. Respirer sous l'eau 91
   Culture et pop-culture 98
   S'entrainer 99

10. LASER 101
Culture et pop-culture 109
S'entrainer 110

11. Alchimie 113
Culture et pop-culture 123
S'entrainer 124

12. Arrêter une balle avec un champ de force 129
Culture et pop-culture 136
S'entrainer 137

Correction des exercices 140

Tables des notions scientifiques abordées dans les programmes 157

Pour aller plus loin 167

1

MAITRISE DU TEMPS

Avant toute chose, et avant d'explorer cette thématique fascinante, prenons un moment pour démystifier le temps et les tentatives pour le maitriser et le conceptualiser. Ce sujet, aussi intrigant qu'insaisissable, est le terrain de recherches sans fin et reste, malgré son apparente accessibilité, une énigme à bien des égards. Aussi, le temps est bien un sujet à la frontière de nos connaissances.

Maintenant que ces quelques considérations sont posées, permettez-moi de vous souhaiter un agréable moment dans les méandres de cet ouvrage... une moment tout relatif. Naturellement.

Si le temps est un flot continu qui nous emmène vers l'avant... Peut-on le remonter comme un cours d'eau ?

On s'attaque à un pouvoir hyper classique et une notion relativement commune, mais pas si comprise que ça : le temps. Les scénaristes et auteurs n'ont pas manqué de nous embrouiller à ce sujet. Les plus anciens parmi vous penserons naturellement « La Machine à explorer le temps »[1] de H.G. Wells, lorsque nous allons parler de voyage dans le temps, pourtant, et même si le livre est un classique, le déplacement dans le temps n'est qu'un prétexte, les liens entre les époques sont ténus voire inexistant. Alors que nous pouvons voir, ou au moins appréhender, l'évident impact qu'une action passée peut avoir dans notre présent.

Heureusement, tous les récits utilisant le voyage temporel ne sont pas aussi tordus mais voyager dans le temps pose toujours quelques soucis de cohérence. Surtout que vous n'aviez pas spécialement prévu de faire autant de jeu... et oui mes pensées vont à *Jak*[2]. Ce n'est peut-être pas le pire exemple, mais avouons qu'il y a de quoi rester dubitatif.

1. Titre original : *The Time Machine: An Invention* – H.G. Wells – 1895.
2. Jak and Daxter – Naughty Dog – 2001.

Entre les sauts entre les trois époques, les rencontres avec son double jeune envoyé dans le passé pour trouver la paix, pour ensuite être renvoyé dans le futur et affronter des défis les plus difficiles, pour finalement être projeté dans un passé encore plus lointain pour bâtir la ville qui nous causera tant de soucis... on a vu plus simple et plus logique !

Et si votre esprit est sur le point d'imploser sous le poids des contradictions et des cohérences de ce qui vient d'être décrit, convenons-en : écrire un scénario crédible sur le voyage temporel n'est pas facile.

Déjà partons d'une évidence pour tous, nous sommes actuellement en train de voyager dans le temps. De fait, le temps ne peut pas s'arrêter, n'a pas de fin et a priori ne connaît pas de début. Cette réflexion, mêlant sciences, philosophie, et touche même un peu la métaphysique nous confronte à une réalité fascinante. Mais soyons honnêtes, cela ne résout pas notre dilemme.

Selon nos connaissances actuelles, le temps est une suite moments infiniment brefs qui s'empilent les uns sur les autres. Cette vision nous amène à considérer le temps comme une quatrième dimension, évoluant irrémédiablement vers l'avant. Du coup voyager vers le futur ne devrait pas poser trop de problèmes, mais pour le coup juste attendre que le temps passe n'est ni très malin, ni très passionnant.

Pour se propulser vers un futur lointain, il faudra accélérer considérablement. C'est là l'une des conséquences de la théorie de la relativité, illustrée par le fameux « paradoxe des jumeaux ». Imaginons deux jumeaux, l'un restant sur Terre et l'autre partant pour un voyage à une vitesse proche de celle de la lumière. S'il revient sur Terre après deux ans de parcours pour lui, le « jumeau voyageur » retrouvera sur Terre un frère qui aura vieilli de 30 ans. Mais pourquoi exactement ?

Certaines valeurs limites de l'univers sont infranchissables. Impossible de descendre la température en dessous du zéro absolu, soit –273,15 °C, en effet comment ralentir le mouvement des particules si elles sont déjà immobiles ? De même, franchir la vitesse de la lumière dans le vide est impossible, et nous allons rapidement voir pourquoi.

En effet, lorsqu'un objet subit une accélération, il acquiert de la masse. En accélérant jusqu'à atteindre la vitesse approchant les 300 000 km/s, cet objet pourrait potentiellement acquérir une masse infinie. Or, pour qu'un objet accélère, il faut lui fournir de l'énergie, une énergie d'autant plus importante que l'objet est massif ! La vitesse de la lumière dans le vide semble donc bien hors d'atteinte...

Pourtant, théoriquement, il est possible de s'en approcher, entrainant ainsi une dilatation du temps. C'est l'effet de la relativité restreinte selon lequel l'intervalle de temps mesuré entre deux positions est toujours supérieur à l'intervalle de temps mesuré dans le référentiel où ces deux positions sont identiques.

Autrement dit, il y a une différence entre le temps propre (celui mesuré dans le référentiel où les positions sont identiques, typiquement le référentiel de la Terre) et le temps impropre (mesuré dans un autre référentiel, typiquement celui du vaisseau spatial allant à une vitesse très importante).

Dilatation des temps : Soient T_0 le temps propre et T le temps impropre d'un événement. La relation entre ces deux temps est telle que :

$$T = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

où v est la vitesse du référentiel où l'on mesure T et c la vitesse de la lumière dans le vide. Il y a dilatation du temps car T est toujours plus grand que T_0.

Plus la vitesse est élevée, plus cette différence de temps est importante, comme le montrent les équations de Lorentz qui impliquent la dilatation des intervalles d'un facteur γ.

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Ainsi, plus on voyage vite et longtemps, plus le temps s'écoule lentement pour nous par rapport à ceux restés sur Terre. Pour illustrer cela, admettons que nous aillions à 95 % de la vitesse de la lumière pendant 20 ans. On fait notre business, et on rentre. Et bien tout le monde aura vieilli de 65 ans, sauf toi qui auras vieilli de 20 ans dans ton vaisseau...

Ce paradoxe s'appelle le paradoxe des jumeaux de Langevin[1].

Revenons à notre paradoxe des jumeaux, considérons deux jumeaux que nous nommerons Alice et Jean. Alice reste sur Terre tandis que Jean effectue un aller et retour vers une planète située à 9 al.

1. Paul Langevin (1872-1946) physicien, et philosophe des sciences. Il est connu notamment pour sa théorie du magnétisme, sa théorie du mouvement brownien, l'invention du sonar, l'introduction de la théorie de la relativité d'Albert Einstein en France, le plan Langevin-Wallon de réforme de l'enseignement ainsi que pour la direction des Congrès Solvay.

L'année-lumière, symbolisée par « al », constitue une unité de mesure de longueur couramment employée en astronomie. Elle correspond à la distance que la lumière parcourt dans le vide au cours d'une année julienne, soit approximativement 9 461 milliards de kilomètres.

Il effectue son voyage à la vitesse uniforme de 9/10 de la célérité de la lumière. Du point de vue d'Alice, la durée du voyage est :

$$\Delta t = \frac{\text{distance}}{\text{vitesse}}$$

$$\Delta t = \frac{2.9 \text{ al}}{0,9 \text{ al / ans}} = 20 \text{ ans}$$

En appliquant la transformation de Lorentz, elle trouve la durée mesurée par Jean :

$$T_a = \gamma^{-1}.10 = 4,4 \text{ ans}$$

Il en va de même pour la durée du voyage de retour, et par conséquent, d'après Alice, lorsque Jean reviendra il aura vieillie d'environ 9 ans tandis qu'elle aura vieilli de 20 ans. C'est curieux mais le paradoxe ne s'arrête pas là.

En effet pourquoi ne pas regarder les choses du point de vue de Jean ? Pour lui, c'est Alice qui aura vieilli le plus : il y a là une contradiction.

Même si on néglige le problème de l'accélération, on voit que Jean utilise deux référentiels inertiels différents alors qu'Alice n'en utilise qu'un seul. On ne peut donc pas faire le calcul dans le référentiel de Jean.

Le paradoxe des jumeaux fut expérimentalement confirmé dans les années 1970, lorsque des horloges suffisamment précises, appelées horloges atomiques, furent pour la première fois disponibles. Deux horloges atomiques furent synchronisées, puis l'une d'elles effectua un tour de la Terre à bord d'un avion. À la fin du vol, les temps indiqués par les deux horloges furent comparés, révélant que l'horloge ayant voyagé présentait un retard de quelques nanosecondes, retard conforme aux prévisions d'Einstein. L'analyse de l'expérience fut complexe, car il fallait aussi prendre en compte l'influence de la gravité terrestre, qu'Einstein avait également identifié comme un facteur provoquant une dilatation du temps.

Aujourd'hui, cette dilatation temporelle est parfaitement avérée et intégrée, notamment dans les systèmes de localisation GPS. Les particules de lumière, ou photons, se déplacent à la vitesse maximale théoriquement possible, notée c, et pour elles, le temps ne s'écoule pas. Elles peuvent atteindre cette vitesse précisément parce qu'elles sont dépourvues de

masse. En revanche, pour les objets massifs tels que nous, se déplacer à la vitesse de la lumière est impossible, car cela nécessiterait une quantité infinie d'énergie.

CULTURE ET POP-CULTURE

- **Romans de Science-Fiction sur la Maîtrise du Temps**

1. « La Machine à explorer le temps » de H.G. Wells : Ce classique (1895 !) de la science-fiction suit un inventeur qui voyage dans le futur à bord de sa machine, explorant les conséquences sociales. Wells y aborde la distorsion temporelle et les possibilités de navigation dans le temps.
2. « La Fin de l'éternité » d'Isaac Asimov : Ce roman explore une organisation appelée « l'Éternité » qui manipule la structure du temps pour garantir un avenir stable. Asimov y mène une réflexion poussée sur le destin, l'intervention humaine et les paradoxes temporels.
3. « Timescape » de Gregory Benford : Ce roman, écrit par un physicien, qui prouve que la science et la fiction ont besoin l'un de l'autre, aborde la communication avec le passé pour éviter des catastrophes futures.
4. « Replay » de Ken Grimwood : Dans cette histoire, le personnage principal revit plusieurs fois sa vie depuis un moment précis. Ce concept explore la répétition du temps et la manière dont on peut reconsidérer ses choix de vie à chaque nouveau départ. Cette idée a été le point de départ d'un film, à mon sens, culte : « Un jour sans fin »[1].
5. « Hypérion » de Dan Simmons : Dans cet univers de science-fantasy, que je vais citer un peu plus tard aussi, le temps est un élément malléable avec des temporalités divergentes dans les voyages spatiaux, des régressions temporelles, et des créatures dont l'existence défie la chronologie classique.

1. Un jour sans fin (Titre original : *Groundhog Day*) réalisée par Harold Ramis, écrite par Danny Rubin, et sortie en 1993.

- **Ouvrages de Vulgarisation Scientifique sur la Maîtrise du Temps**

  1. « Une brève histoire du temps » de Stephen Hawking : Un classique intemporel qui aborde les concepts fondamentaux de la physique moderne, notamment la relativité et les trous noirs, permettant de comprendre la distorsion temporelle et la façon dont le temps est affecté par la gravité.
  2. « Trou noir et distorsion du temps » de Kip Thorne : Ce physicien a été consultant pour le film « Interstellar »[1], film culte aussi à mon humble avis. Dans ce livre, il explore les possibilités des voyages temporels et de la distorsion spatio-temporelle, en particulier autour des trous noirs.
  3. « Cosmos » de Carl Sagan : Bien que ne se concentrant pas uniquement sur le temps, Sagan, peut-être l'un des plus grands vulgarisateurs scientifiques de son temps, aborde l'évolution de l'univers et la manière dont le temps est une dimension cruciale dans la compréhension de la cosmologie.
  4. « Le Paradoxe de Fermi et l'empire galactique » de Stephen Webb : Cet ouvrage aborde le paradoxe de Fermi, et donc les limites de nos hypothèses de base, notamment la manière dont le voyage dans le temps pourrait théoriquement offrir une réponse à l'énigme de la vie extraterrestre.

- **Jeux vidéo sur la Maîtrise du Temps**

  1. « Braid » développé par Number None : Dans ce jeu de plateforme, le joueur utilise le retour dans le temps pour résoudre des énigmes et autres puzzles plus ou moins difficile. Chaque monde présente une manière différente d'interagir avec le temps, permettant d'inverser, ralentir ou diviser le flux temporel.
  2. « Outer Wilds » développé par Mobius Digital : On se place dans un contexte d'exploration spatiale, le joueur est coincé dans une boucle temporelle de 22 minutes, où il doit enquêter sur un mystère cosmique. Ce cycle infini permet d'explorer les planètes à différents moments et d'en apprendre davantage sur le passé de la civilisation extraterrestre.
  3. « Life is Strange » développé par Dontnod Entertainment : Ce jeu narratif suit Max, une adolescente qui découvre le pouvoir de remonter le temps et de modifier le cours des événements. Les choix du joueur ont des répercussions plus ou moins majeures, et l'histoire explore les dilemmes éthiques liés à la manipulation temporelle.

1. *Interstellar* : film de science-fiction produit, écrit et réalisé par Christopher Nolan, sorti en 2014.

4. « Prince of Persia : Les Sables du Temps » développé par Ubisoft Montréal : Ce jeu d'action-aventure permet au joueur d'inverser le temps ce qui fournit des mécanismes pour corriger ses erreurs en combat ou dans les parcours d'obstacles.
5. « The Legend of Zelda : Majora's Mask » développé par Nintendo : Un classique absolu dans le genre, un jeu qui m'a personnellement retourné le cerveau dans mes jeunes années. Le joueur doit boucler un cycle de trois jours en temps limité pour empêcher la lune de détruire le monde. Le joueur peut revenir au début du cycle pour réinitialiser l'histoire, mais doit résoudre les défis sous pression.

S'ENTRAINER

EXERCICE 1 Pour consolider les notions

♦

Un voyage TGV dure 1h57 entre Paris et Lyon, pour un voyageur dans le train, roulant à 320 $km.h^{-1}$.

1. Quelle est cette durée pour un observateur fixe au bord de la voie ?
2. La SNCF doit-elle tenir compte de la différence des durées pour afficher ses horaires ?

EXERCICE 2 Pour aller plus loin

♦♦

Une certaine espèce de bactérie double sa population tous les 20 jours. Deux bactéries sont placées dans un engin spatial et envoyées dans l'espace. La vitesse de l'engin spatial est $v = 0{,}995\ c$.

1. Quelle est la durée mesurée sur Terre qui correspond à un doublement de population ?
2. Combien de doublements sont observés au bout de 1 000 jours terrestre ?
3. Quel est le nombre de bactéries à bord de l'engin au bout de 1 000 jours mesurés par rapport à la Terre.

EXERCICE 3 Pour aller plus loin

♦♦

Une fusée vole à vitesse constante $v = 2{,}50.10^5$ km.s^{-1}.

Un astronaute à son bord envoi à sa base sur Terre une impulsion électromagnétique toutes les secondes dans le référentiel de la fusée.

1. Quelle est la vitesse de la lumière pour l'astronaute à bord de la fusée ? Et pour les occupants de la base ?
2. L'intervalle de temps d'une seconde est-il un temps propre ?
3. Exprimer puis calculer l'intervalle de temps séparant deux réceptions de flash lumineux pour un occupant de la base terrestre.